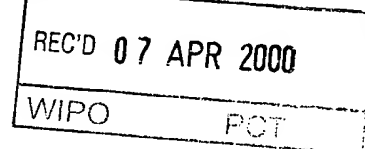


PCT/EP 00/01800

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

4 09/890656



≠ 100/1800  
**Bescheinigung**

Die Wacker Siltronic Gesellschaft für Halbleitermaterialien AG in Burghausen/  
Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht und Verfahren  
zur Herstellung der Halbleiterscheibe"

am 4. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüngli-  
chen Unterlage dieser Patentanmeldung.

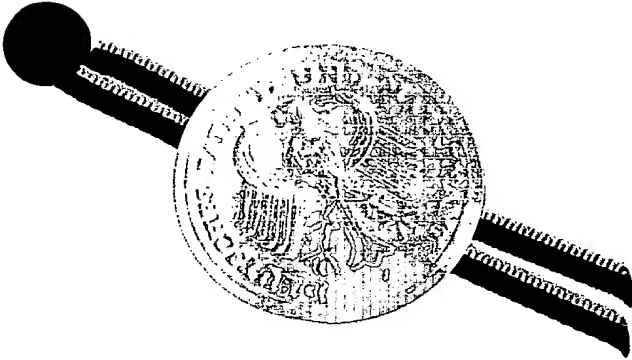
Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol  
H 01 L 21/205 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 12. Januar 2000

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag



Aktenzeichen: 199 09 557.4

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

## Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht und Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe

Gegenstand der Erfindung sind eine Halbleiterscheibe mit einer epitaktischen Schicht und ein Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe durch Abscheiden der Schicht auf einer Substratscheibe aus Silicium.

Derzeit sind intensive Untersuchungen im Gang, durch die festgestellt werden soll, welche Merkmale Halbleiterscheiben mit epitaktischer Schicht haben müssen, um sie als Grundmaterial für die Herstellung von modernen CMOS Bauelementen zu qualifizieren. Im Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36 (1997), pp 2565-2570 ist das Ergebnis einer solchen Untersuchung für eine Halbleiterscheibe mit  $p^-$  - Schicht auf einem  $p^-$  - Substrat veröffentlicht.

Die Aufgabe der Erfindung bestand darin, eine Halbleiterscheibe mit epitaktischer Schicht bereitzustellen, die für moderne CMOS-Anwendungen geeignet ist, eine besonders geringe Anzahl an Lichtpunktdefekten aufweist und vergleichsweise geringe Herstellungskosten erfordert, und darin, ein Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe anzugeben.

Gegenstand der Erfindung ist eine Halbleiterscheibe, bestehend aus einer Substratscheibe aus Silicium und einer darauf abgeschiedenen epitaktischen Schicht, die gekennzeichnet ist durch einen spezifischen Widerstand der Substratscheibe von 20 bis 500  $m\Omega cm$  und eine Dicke der epitaktischen Schicht von 0,2 bis 1,0  $\mu m$ .

30

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit einer epitaktischen Schicht durch Abscheiden der Schicht auf einer Substratscheibe aus Silicium, das durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

35 a) Beladen eines Abscheidereaktors mit der Substratscheibe bei einer Beladetemperatur, wobei die Substratscheibe einen spezifischen Widerstand von 20 bis 500  $m\Omega cm$  besitzt;

- b) Aufheizen der Substratscheibe in einer Gasatmosphäre auf eine Abscheidetemperatur;
- c) Kurzzeitiges Abscheiden der epitaktischen Schicht mit einer Dicke von 0,2 bis 1,0  $\mu\text{m}$  bei der Abscheidetemperatur in einer Abscheideatmosphäre enthaltend ein Abscheidegas und ein Dotierstoffgas;
- d) Abkühlen der Halbleiterscheibe auf eine Entladetemperatur; und
- e) Entladen des Abscheidereaktors bei der Entladetemperatur.

10

Es hat sich herausgestellt, daß eine nach diesem Verfahren hergestellte Halbleiterscheibe nicht nur besonders kostengünstig hergestellt werden kann, sondern auch notwendige Eigenschaften aufweist, um für die Erzeugung moderner CMOS-Bauelemente geeignet zu sein. Insbesondere läßt sich in der epitaktischen Schicht der Halbleiterscheibe durch Ausdiffusion beim Bauelementehersteller ein für CMOS-Anwendungen erforderliches Dotierstoffprofil einstellen. Der zur Unterbringung von elektronischen Strukturen vorgesehene Bereich kann extrem nahe an der Oberfläche, beispielsweise in einer Tiefe von nur 0,1  $\mu\text{m}$  liegen.

15

20

Überraschenderweise führt das kurzzeitige Abscheiden einer nur extrem dünnen epitaktischen Schicht auf der Substratscheibe dennoch zu einer Halbleiterscheibe mit weitgehend defektfreier Oberfläche. Bei Untersuchungen der Oberfläche auf Lichtpunktdefekte (light point defects, LPDs) schneidet die Halbleiterscheibe überdurchschnittlich gut ab.

30

Das Herstellungsverfahren besitzt einen deutlichen Kostenvorteil gegenüber bekannten Verfahren. Gegenüber einem üblichen Verfahren, bei dem die Dicke der epitaktischen Schicht größer ist und/oder die Abscheidezeit länger ist, kann der Durchsatz an Halbleiterscheiben pro Stunde um bis zum Dreifachen gesteigert werden.

35

Ein besonderer Vorteil ist weiterhin darin zu sehen, daß die Halbleiterscheibe zur Herstellung von CMOS-Bauelementen, insbe-

sondere zur Herstellung von Logik- oder Speicherbauelementen verwendet werden kann, ohne daß die dafür notwendigen Verfahren der Bauelementhersteller wegen der Eigenschaften der Halbleiterscheibe in besonderem Maße modifiziert werden müßten.

5

Die erfindungsgemäß eingesetzte Substratscheibe mit einem spezifischen Widerstand von 20 bis 500 m $\Omega$ cm verhindert das Latch-up (latch-up immunity). Ihr Ausdiffusions-Profil ist vergleichbar mit dem von üblicherweise verwendeten Substratscheiben.

10

Für spezielle Halbleiteranwendungen, die eine besonders niedrige Lichtpunktdefektdichte erfordern, wird die Substratscheibe vorzugsweise aus einem nach der Czochralski-Methode gezogenen Einkristall geschnitten, wobei beim Ziehen des Einkristalls wenigstens eine der folgenden Ziehbedingungen eingehalten werden sollte: Entweder wird der Einkristall mit Sauerstoff einer Konzentration von kleiner als  $6.5 \cdot 10^{17}$  atcm<sup>-3</sup> und mit Stickstoff einer Konzentration von größer als  $5 \cdot 10^{13}$  atcm<sup>-3</sup> dotiert, oder der Einkristall wird mit einer Geschwindigkeit V gezogen, wobei ein axialer Temperaturgradient G(r) an der Phasengrenze von Einkristall und Schmelze eingestellt wird und der Quotient V/G(r) in radialer Richtung wenigstens teilweise kleiner als  $1.3 \cdot 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>min<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> ist. Derartige Verfahren sind in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 198.23.962.9 näher beschrieben.

20

Gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren wird die Substratscheibe in einen Abscheidereaktor geladen. Bevorzugt ist ein Einzelscheibenreaktor mit automatischem Scheibenbe- und entlade-  
mechanismus. Die Temperatur im Reaktor sollte beim Beladen bereits einen vergleichsweise hohen Wert haben, mindestens jedoch 800 °C. Bevorzugt ist eine Temperatur von mindestens 850 °C, besonders bevorzugt eine Temperatur von mindestens 900 °C.

30

Im nächsten Verfahrensschritt wird die Substratscheibe in einer Gasatmosphäre auf eine Abscheidetemperatur von vorzugsweise 1050 bis 1180 °C, besonders bevorzugt 1050 bis 1130 °C aufgeheizt. Die Gasatmosphäre wird vorzugsweise aus einer Gruppe von

35

1050 bis 1180 °C, besonders bevorzugt 1050 bis 1130 °C aufgeheizt. Die Gasatmosphäre wird vorzugsweise aus einer Gruppe von Gasen ausgewählt, die Wasserstoff, Argon, Helium und beliebige Mischungen der genannten Gase umfaßt. Besonders  
 5 bevorzugt ist eine Gasatmosphäre aus Wasserstoff.

Sobald die Abscheidetemperatur erreicht ist, wird mit dem Abscheiden der extrem dünnen epitaktischen Schicht begonnen, indem der Gasatmosphäre eine Atmosphäre von Abscheidegas und  
 10 Dotierstoffgas hinzugefügt wird. Ein sogenannter "Bake-Schritt", bei dem die Substratscheibe in der Gasatmosphäre einige Zeit auf Abscheidetemperatur gehalten wird, ist nicht vorgesehen. Das Abscheidegas wird vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe von Gasen, die Trichlorsilan, Silan, Dichlor-  
 15 silan, Tetrachlorsilan und beliebige Mischungen der genannten Gase umfaßt. Besonders bevorzugt ist Trichlorsilan. Das Dotierstoffgas wird vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe von Gasen, die Diboran, Phosphin und Arsin umfaßt. Besonders bevorzugt ist Diboran.

20 Die Abscheidezeit beträgt vorzugsweise 1 bis 10 s, besonders bevorzugt 1 bis 5 s, wobei eine extrem dünne epitaktische Schicht mit einer Schichtdicke von 0,2 bis 1,0 µm, besonders bevorzugt 0,2 bis 0,8 µm abzuscheiden ist. Der spezifische Widerstand der epitaktischen Schicht beträgt vorzugsweise 0,5 bis 50 Ωcm.

Anschließend wird die Halbleiterscheibe auf eine Entladetemperatur abgekühlt und aus dem Abscheidereaktor entladen. Das  
 30 Abkühlen geschieht vorzugsweise in einer Atmosphäre aus Wasserstoff. Die Entladetemperatur beträgt vorzugsweise 850 bis 950 °C.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden  
 35 die Schritte a) bis f) mindestens 50 mal, besonders bevorzugt mindestens 50 bis 200 mal ausgeführt, bevor der Abscheidereaktor einer Reinigung mit einem Ätzwasser oder Plasma unterzogen wird.

## Beispiel:

Erfindungsgemäß hergestellte Halbleiterscheiben wurden im Hinblick auf Lichtpunktdefekte mit konventionell hergestellten Halbleiterscheiben verglichen.

5

Die erfindungsgemäß hergestellten Halbleiterscheiben bestanden aus einer Substratscheibe aus Silicium mit einem spezifischen Widerstand von  $60 \text{ m}\Omega\text{cm}$ , auf die eine epitaktische Schicht mit einer Schichtdicke von  $0,2 \text{ }\mu\text{m}$  und einem spezifischen Widerstand von  $1,5 \text{ }\Omega\text{cm}$  aufgewachsen worden war. Die Abscheidezeit betrug  $3,5 \text{ s}$ .

10

Die konventionell hergestellten Halbleiterscheiben bestanden aus einer Substratscheibe aus Silicium mit einem spezifischen Widerstand von  $10,5 \text{ }\Omega\text{cm}$ , auf die eine epitaktische Schicht mit einer Schichtdicke von  $1 \text{ }\mu\text{m}$  und einem spezifischen Widerstand von  $10,5 \text{ }\Omega\text{cm}$  aufgewachsen worden war. Die Abscheidezeit betrug  $17 \text{ s}$ .

15

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Ergebnis des Vergleichs, bei dem die erfindungsgemäß hergestellten Halbleiterscheiben deutlich besser abschnitten (Die Zahlen in der Tabelle zeigen die durchschnittlich auf den Scheiben gefundenen Lichtpunktdefekte (LPDs) mit einer bestimmten Grenzgröße an).

20

Tabelle:

	Beispiel	Vergleich
LPD > $0,20 \text{ }\mu\text{m}$	1,4	2,7
LPD > $0,30 \text{ }\mu\text{m}$	0,8	1,7

**Patentansprüche:**

1. Halbleiterscheibe, bestehend aus einer Substratscheibe aus Silicium und einer darauf abgeschiedenen epitaktischen Schicht,  
5 gekennzeichnet durch einen spezifischen Widerstand der Substratscheibe von 20 bis 500 m $\Omega$ cm und eine Dicke der epitaktischen Schicht von 0,2 bis 1,0  $\mu$ m.
2. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit einer  
10 epitaktischen Schicht durch Abscheiden der Schicht auf einer Substratscheibe aus Silicium, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - a) Beladen eines Abscheidereaktors mit der Substratscheibe bei einer Beladetemperatur, wobei die Substratscheibe einen spezi-  
15 fischen Widerstand von 20 bis 500 m $\Omega$ cm besitzt;
  - b) Aufheizen der Substratscheibe in einer Gasatmosphäre auf eine Abscheidetemperatur;
  - c) Kurzzeitiges Abscheiden der epitaktischen Schicht mit einer Dicke von 0,2 bis 1,0  $\mu$ m bei der Abscheidetemperatur in einer  
20 Abscheideatmosphäre enthaltend ein Abscheidegas und ein Dotierstoffgas;
  - d) Abkühlen der Halbleiterscheibe auf eine Entladetemperatur; und
  - e) Entladen des Abscheidereaktors bei der Entladetemperatur.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasatmosphäre ausgewählt ist aus einer Gruppe von Gasen, die Wasserstoff, Argon, Helium und beliebige Mischungen der genannten Gase umfaßt.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Beladetemperatur bei 800 °C oder darüber liegt.
- 35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abscheidetemperatur bei 1050 bis 1180 °C liegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abscheidegas ausgewählt ist aus einer Gruppe von Gasen, die Trichlorsilan, Silan, Dichlorsilan, Tetrachlorsilan und beliebige Mischungen der genannten Gase umfaßt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Dotierstoffgas ausgewählt ist aus einer Gruppe von Gasen, die Diboran, Phosphin und Arsin umfaßt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abscheidezeit von 1 bis 10 s eingehalten wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schritte a) bis f) mindestens 50 mal ausgeführt werden, bevor der Abscheidereaktor einer Reinigung mit einem Ätzgas oder Plasma unterzogen wird.



### Zusammenfassung

Gegenstand der Erfindung ist eine Halbleiterscheibe, bestehend aus einer Substratscheibe aus Silicium und einer darauf abgeschiedenen epitaktischen Schicht, die gekennzeichnet ist durch einen spezifischen Widerstand der Substratscheibe von 20 bis 500 m $\Omega$ cm und eine Dicke der epitaktischen Schicht von 0,2 bis 1,0  $\mu$ m.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe. Es ist gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- a) Beladen eines Abscheidereaktors mit der Substratscheibe bei einer Beladetemperatur, wobei die Substratscheibe einen spezifischen Widerstand von von 20 bis 500 m $\Omega$ cm besitzt;
- b) Aufheizen der Substratscheibe in einer Gasatmosphäre auf eine Abscheidetemperatur;
- c) Kurzzeitiges Abscheiden der epitaktischen Schicht mit einer Dicke von 0,2 bis 1,0  $\mu$ m bei der Abscheidetemperatur in einer Abscheideatmosphäre enthaltend ein Abscheidegas und ein Dotierstoffgas;
- d) Abkühlen der Halbleiterscheibe auf eine Entladetemperatur; und
- e) Entladen des Abscheidereaktors bei der Entladetemperatur.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**